

COMPTE RENDU D'INNOVATION

Report of innovation

**Pour une didactique des sciences
en classe d'intégration scolaire :
compte rendu d'innovation
Partir de ce qu'ils pensent afin
de les faire gagner en abstraction**

**For a didactic's science in scholar
integration classroom : report of innovation
From what they think in order to make
them win in abstraction**

Pierre MARTINET

Professeur des écoles CLIS 1, doctorant en sciences de l'éducation (Lyon 2)
4, chemin d'Orcet,
63800 Cournon, France.

Alain PEYRONNET

Docteur en sciences de l'éducation et en philosophie de l'existence
Ceyssat, route de Contournat,
63800 Saint-Georges-sur-Allier, France.

Résumé

L'article interroge la place et la pratique de l'enseignement scientifique dans les classes « non ordinaires » appelées CLIS 1. Depuis le cadre théorique

de « l'apprentissage allostérique », il rappelle la réalité qui préexiste à toute didactique, à savoir celle des conceptions. Il décrit et analyse ensuite une expérience conduite dans le Puy de Dôme (1999-2003) qui s'appuie sur l'astronomie et la biologie. Il présente les outils qui ont favorisé avec ces apprenants le prélèvement des représentations concernant notre planète et la digestion. Il rend compte des leviers qui ont permis à ces enfants les premiers franchissements d'obstacles. À travers l'évolution significative des modèles explicatifs de ces élèves, il bouscule simultanément nos images, préjugés et stéréotypes relatifs à la différence.

Mots clés : astronomie, biologie, classe d'intégration scolaire, conceptions, modèle allostérique d'apprentissage.

Abstract

The article questions the place and the practice of the scientific teaching in "non ordinary" classrooms called CLIS 1. Since the framework theoretical of "the Allosteric learning model", it reminds the reality that preexists to all didactic, namely that ideas, conceptions. It describes and analysis then an experience driven in the Puy de Dome (1999-2003) that leans on the astronomy and the biology. It presents tools that have favored with these learners the levy of representations concerning our planet and the digestion. It renders account levers that have allowed these children the first over comings of obstacles. Through the significant evolution of their explanatory models, it turns one's simultaneously our relative images, prejudices and stereotypes to the difference.

Keys words : allosteric learning model, astronomy, biology, scholar integration classroom, conceptions.

On le sait, l'enseignement des sciences passe mal. Malgré les efforts et appels à éduquer mieux, les résultats ne répondent guère aux attentes. Cet insuccès, alors que la société se « scientifie » de plus en plus, est aussi contradictoire qu'embarrassant. Mais, il y a plus gênant encore, ou du moins qui le devrait. Pendant que d'autres ont du mal à profiter d'un savoir dominant, certains enfants n'y ont toujours pas accès. L'initiation scientifique, osons-le dire, n'entre quasiment jamais dans les classes d'intégration scolaire. Ce public, identifié comme ayant de grandes difficultés d'apprentissage, est souvent assimilé à un groupe déficient. Être en structure « spéciale » autorise rarement de se confronter à des concepts scientifiques.

Cette exclusion du partage de la connaissance est inacceptable (situation banalisée par l'absence de programme). Ces élèves manifestent une curiosité qui demande aussi à être accompagnée... et valorisée. Comme ceux des classes dites « ordinaires » ils doivent pouvoir interroger leur monde à la faveur d'une approche éclairée par les technosciences. Ce droit à une éducation de qualité, pour donner lieu à des actions adaptées, impose

de poser certaines questions. Quel cheminement convient-il d'aménager avec ces jeunes pour une entrée signifiante dans l'univers des savants ? Quels canaux sont-ils susceptibles de les accrocher véritablement ? Quels supports doit-on adopter ou inventer pour que « ça marche » ? Comment mesurer enfin les bénéfices probables ?

Pour répondre à ces interrogations, la présente contribution problématise la situation de la manière suivante : à quelles conditions peut-on permettre à des élèves présentant un retard mental d'accéder comme les autres à des concepts scientifiques scolaires ? On rend compte ici d'une expérience mise en place depuis quatre ans en CLIS 1 (Auvergne). Son affiliation théorique renvoie au modèle d'apprentissage de type allostérique (LDES Genève). Cette innovation travaille à une transformation des conceptions enfantines *via* le repérage d'obstacles à la compréhension. Il privilégie la biologie et l'astronomie, concentrant les efforts sur deux concepts (la digestion et le monde). Ses préoccupations en matière de recherche sont triples : comment identifier les schémas explicatifs enfantins ? Comment les faire évoluer ? Comment évaluer les progrès ainsi obtenus ?

Dix enseignants de classes d'intégration se sont mobilisés. Ils ont été scindés en deux équipes de cinq (selon l'investissement accepté). L'une a reçu une formation en didactique des sciences (« impliquée »), l'autre a servi de témoin (« intéressée »). Les rencontres avec la première (1999-2002) durent environ quatre heures à raison d'une fois par mois (année scolaire). Les contenus portent d'abord sur la démarche systémique promue par l'équipe d'A. Giordan (importance du réseau des relations dans l'apprendre). Ils explicitent ensuite les modalités de recueil, de dépouillement et d'exploitation des fiches de prélèvements (représentations du « corps humain » et de « notre planète »). Enfin, au vu des difficultés mises au jour, une série d'outils-remédiation est co-élaborée (tremplin vers des objectifs conceptuels raisonnables) puis les protocoles de passation arrêtés.

Quatre-vingt deux élèves constituent l'échantillon, ils sont répartis en deux groupes équivalents. Une analyse comparée et circonstanciée de productions (« trajet des aliments », « forme de la Terre et comportements d'objets »), est réalisée en début et à chaque fin d'année.

Vont être successivement présentés les outils réalisés par l'équipe formée (partie 1), la démarche pour les exploiter efficacement (partie 2), les premiers résultats (partie 3).

1. ACCUEILLIR LES CONCEPTIONS D'UN PUBLIC « NON ORDINAIRE »


Cette approche met en avant la spécificité de la forme requise par la connaissance nouvelle pour être intégrée (analogie avec certaines enzymes

dites allostériques). Résolument centrée sur l'apprenant elle doit le rendre à la fois acteur et auteur de sa formation (Giordan, 1998). Il s'agit avant tout pour l'enseignant d'établir une continuité cognitive entre les contenus (conceptions d'avant/ambitions pour après). Pour y parvenir, huit conditions sont au moins réclamées. Ce sont 1°) de recentrer sur ce qu'est et connaît déjà l'élève, 2°) de partir de ce qui le touche, le concerne directement, 3°) de prélever ce qui est déjà présent dans les têtes 4°) d'offrir un retour sur ce déjà-là, 5°) de faire confronter activement les visions individuelles, 6°) de créer des outils spécifiques tout en disposant de ressources suffisantes, 7°) d'introduire en périodes de confort des paramètres déstabilisants, 8°) d'aménager des niveaux différents dans la formulation de concepts.

Satisfaire aux deux premières recommandations requiert de garder à l'esprit que le public est ici spécifique. Âgé de 8 à 12 ans, il présente des troubles avérés d'ordre intellectuel (B.O., circulaire du 30/04/2002). La pensée magique reste là omniprésente. Les préoccupations tournent souvent autour de thèmes organo-déjectifs (devenir des aliments, pouvoirs transférés, nature de l'excrétion, etc.) Elles regardent aussi fréquemment du côté des origines (création de notre planète, existence extra-terrestre, influences de divinités cosmiques, etc.) Cette pente animiste et les centres d'intérêt qui l'accompagnent suffisent à combler le vide entretenu par le silence des instructions officielles (Gardou, 1999a, 1999b). Après réflexion sur ce qui apparaît le plus urgent, nous insistons sur la digestion et le monde. Nous présentons ci-dessous les fiches qui ont servi à faire émerger le « déjà-là ».


1.1. Supports pour le concept de digestion

De nombreuses données sont mobilisables concernant l'étude par les sciences du phénomène digestif. On découvre notamment que depuis le V^e siècle avant J.-C. la digestion a connu des définitions bien différentes (Guyénot, 1941 ; Sauvageot-Skibine, 1991 ; Clément, 1991 ; Giordan, 1995, etc.) Toutefois une typologie des modèles concurrents et successifs fait encore défaut. L'enseignant a néanmoins la possibilité de recueillir les représentations qui coexistent dans sa classe. Plusieurs travaux ont déjà été réalisés avec des élèves du primaire et du secondaire (Giordan & De Vecchi, 1987 ; Rolando, 1995 ; Rolland & Marzin, 1996, etc.) Reste qu'à ce jour rien n'a été produit concernant les populations CLIS. Le groupe « impliqué », dès la première année de formation en didactique, a conçu puis utilisé deux fiches-diagnostics. Elles sont intitulées : « *Pour que l'on comprenne ce que vous pensez que votre corps fait de la nourriture solide* ». La première propose une silhouette humaine complète, vue de face, la seconde une autre mais de profil (facilitante pour le phénomène d'excrétion, figure 1). Un texte-image questionne sur le devenir de ce qu'on avale (ci-après).



Imaginons que tu as envie de manger une pomme. Tu la croques. Mais, au fait, que devient le morceau de pomme que tu as croqué ?

Deux autres fiches diagnostics sont également exploitées. Elles ont pour titre : « *Pour que l'on comprenne ce que vous pensez que votre corps fait de la nourriture liquide* » (figure 1).




Imaginons que tu as très soif. Tu vas boire un verre de jus d'oranges. Mais, au fait, que devient ce jus d'oranges que tu viens d'avaler ?

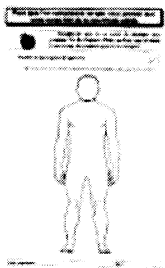
Les mots utilisés doivent être faciles à lire et surtout à comprendre (bien des enfants ne sont pas lecteurs). La consigne doit être claire voire redondante (d'où un encodage dessin - contextualisation en images).

Dessine ce qui se passe d'après toi.

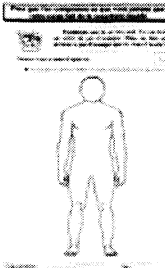
☛ Tu dois faire ton dessin à l'aide d'un crayon à papier et de crayons de couleurs.




Pour chacune de ces fiches, le temps n'est pas limité. Des précisions sont individuellement apportées une fois tous les dessins réalisés. Les commentaires des élèves sont enregistrés.



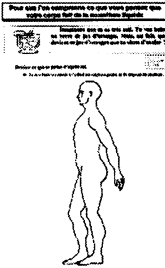
Fiche 1 face



Fiche 2 face



Fiche 1 profil



Fiche 2 profil

Figure 1 • Les quatre fiches diagnostics pour la digestion (solide/liquide)

Cette série de fiches doit être accompagnée de doublures. En effet, les jeunes sujets de CLIS 1 tendent à s'identifier au personnage. S'ils détestent personnellement le fruit ou la boisson de l'énoncé, le prélèvement est compromis. Par ailleurs, en fonction de l'âge, l'identification peut réclamer une silhouette féminine (à anticiper donc...)

Afin d'établir des critères significatifs, le groupe en formation s'est principalement intéressé à trois choses. Ces enfants en grande difficulté

d'apprentissage ont-ils conscience du phénomène d'excrétion ? Quelle connaissance ont-ils des organes qui sont en jeu ? Ont-ils construit ou approchent-ils la notion de système ? Une action chimique est-elle envisagée ? Il ressort assez rapidement que la négative s'impose pour la première et les deux dernières interrogations. Au vu de la diversité des productions enfantines, plusieurs grilles d'identification ont été réalisées. Elles permettent de distinguer trois grands types de conceptions (localisation, diffusion, trajectoire organique, figure 2). La première recense des apprenants qui considèrent la digestion comme un stockage sans transformation initiale. La suivante rassemble ceux qui se représentent la digestion comme une distribution générale et probablement fortifiante. La dernière, dédoublée (avec présence ou non de l'objet pomme), regroupe ceux qui reconstruisent un parcours.














Localisation			Diffusion			Organique(s)			
									
Image face pomme quasi centrée			Image face pomme omniprésente			Image face simple sac centré			
haute	centrée	basse	holog.	Frag.	codée	codée	Tuyau	+ sac	+ excré.
									

Figure 2 • Les trois grands types de conceptions et leurs subdivisions

Nous pouvons maintenant passer à notre seconde batterie d'instruments pour prélever (fiches diagnostics pour les conceptions du monde).

1.2. Supports pour le concept de monde

Contrairement au phénomène de digestion, les modèles concernant notre planète et son ciel ont fait l'objet d'un recensement (figure 3). Ils permettent de comprendre que le nombre de propositions historiques se ramène à cinq (Nussbaum, 1990). Le passage à un modèle scientifique (type 5) exige la modification de trois composantes. Le concept de forme doit tendre vers la boule (le monde plan s'incurve et se ramasse sur lui-même). Cela influe sur la nature de l'espace (plus de socle ni de ciel horizontal) et sur les comportements de « chute » (au final, trajectoires radiales et verticales).

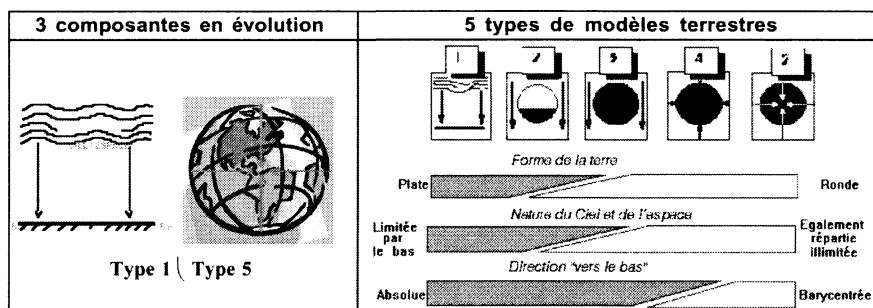


Figure 3 • Typologie des conceptions « monde »

Un parallèle entre l'histoire des sciences et les transformations conceptuelles des apprenants amène à utiliser des fiches spécifiques. Celles-ci s'inspirent d'études (Almany & Sarrate, 1986 ; Baxter, 1989 ; Nussbaum, 1991), mais aussi d'outils concrets (Estalella, 1986 ; Vosniadou & Brewer, 1992 ; Peyronnet, 1993). Elles répondent également aux exigences particulières de ce public (troubles cognitifs, adualisme, comportements de croyance immédiate) (Dumas, 2003). Ces fiches sont ici au nombre de six et obéissent à un ordre de passation.

La première, dite d'expression libre, s'intitule « *Pour que l'on comprenne comment vous voyez notre planète et l'espace* » (figure 4). Il s'agit pour le maître de séparer les conceptions de type 1-2 (horizontalité absolue du sol) des autres (rotondité terrestre). Une question résume l'interrogation, une consigne donne la marche à suivre, un cadre borne le dessin (2/3 de page A4).


<p>Quelle Terre et quel ciel ?</p> <p>Tu essaies de dessiner, à ta façon, le plus simplement possible, et dans le cadre ci dessous</p> <p>1°) <u>la Terre</u> 🍏 (crayon à papier, avec si tu veux crayons de couleurs) ;</p> <p>2°) <u>Le ciel</u> 🍏 (feutre ou stylo).</p>		
--	--	--

Figure 4 • Fiche d'expression libre

La deuxième est destinée à lever l'illusion possible du cercle (figure 5). Tracer un « rond » n'est pas nécessairement un indicateur de conception sphérique (type 2) ou de modèle-boule (type 3 à 5). L'image socialement valorisée (circulaire) prime souvent sur le fonctionnement cognitif (vision en plan). Un paramètre perturbateur est donc introduit (fusée).


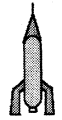
<p>Quelle Terre, quel ciel, quel sol ?</p> <p>Tu essaies encore de dessiner, à ta façon, dans le cadre ci-dessous</p> <p>1°) <u>La Terre</u> 🍷 (crayon à papier, avec si tu veux crayons de couleurs)</p> <p>2°) <u>Le ciel</u> 🍷 (feutre ou stylo) ;</p> <p>3°) <u>Le sol</u> 🍷 (feutre ou stylo différents).</p> <p>* Mais, attention, il faudra aussi placer sur le sol <u>une fusée</u> qui doit bientôt décoller.</p>	 
--	--

Figure 5 • Fiche confirmation

Les quatre fiches suivantes cherchent à savoir jusqu'où la notion de centre gravitationnel est maîtrisée (fiches 6, 7, 8, 9). Leurs titres annoncent les situations à réfléchir. Elles commencent toutes par : « *Pour que l'on comprenne...* » et focalisent ensuite un comportement d'objet : « [...] *un objet lourd passant à l'intérieur d'une planète* », « [...] *un objet que l'on lancerait en l'air* », « [...] *une grosse pierre lâchée à l'entrée de deux tunnels dans la planète* », « [...] *une bouteille pleine mais ouverte est posée sur une planète* ».


<p>Quelle sera la trajectoire ?</p> <p>Soit une petite planète. Dans celle-ci on perce un tunnel, au « milieu » et jusqu'au bout. On place ensuite dans ce « trou » qui traverse la planète un gros tuyau. Arrive un astronaute, muni d'une grosse pierre. Il s'approche de l'ouverture. Il lâche alors cet objet lourd dans le tunnel.</p> <p style="text-align: center;"><i>Le dessin de la situation</i></p>	
<p>Que va faire la pierre ?</p>	

Figure 6 • Fiche un seul tunnel

Dans la majorité des cas, il s'agit pour l'enfant de tracer le chemin suivi par l'objet pesant. Toutefois, pour la fiche n° 4, il faut aussi colorier le ciel.


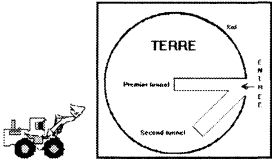
<p>Quelles seraient les trajectoires ?</p> <p>Imaginons cinq personnages à cinq endroits différents sur une planète ressemblant à la Terre mais plus petite. Ensemble, ils vont lancer de toutes leurs forces une balle en direction du ciel.</p> <p style="text-align: center;"><i>Le dessin de la situation</i></p>	
<p>Que vont faire les balles ?</p>	

Figure 7 • Fiche trajectoire balles

Le cinquième support, pour dépasser le facteur « chance », est en deux feuillets (neuf situations ; voir le résumé en infra).

Quelle sera la trajectoire ?

Avec de gros « engins », on creuse **deux tunnels** dans la Terre. On perce le sol au même endroit mais **dans deux directions différentes**.



On donne un nom à chaque tunnel. Une grosse pierre est lâchée à l'entrée (petit carré noir)

Les dessins de neuf situations de forage


Que va faire la pierre ?

Figure 8 • Fiche deux tunnels

La dernière fiche, comme d'ailleurs les n° 3 et 4, s'efforce de réduire les effets de cadre. Ici, l'induction de « chute » doit rester limitée.

Que fera le liquide ?

Imaginons une grosse bouteille remplie d'eau, sans bouchon, et posée sur une petite planète. Que va donc faire ce liquide ? Dessine si besoin **en vert**.



Le dessin de la situation

Que devient l'eau ?

Figure 9 • Fiche trajet du liquide

Résumons avec les images les diverses suggestions.

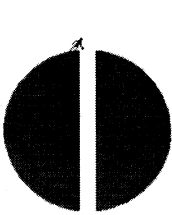
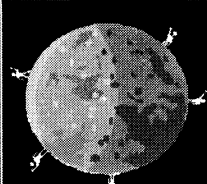
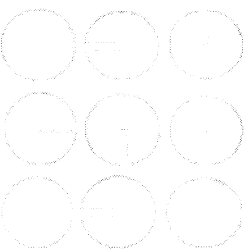
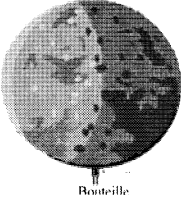
Situations proposées sur les fiches 3-6			
			
Tunnel vertical	Lancers de balles	Série de doubles tunnels	Hémisphère sud

Figure 10 • Synthèse des situations

Là, les enseignants ont été particulièrement vigilants à la forme de la planète exprimée et aux comportements des objets. Leurs efforts permettent de repérer trois grandes conceptions (plane, sphérique, boule, figure 11). La première recense des apprenants qui considèrent la Terre comme un plateau tout en intégrant partiellement la circularité (vie entre deux couches). La suivante rassemble ceux qui se représentent la Terre en deux hémisphères, l'un solide, l'autre gazeux-stellaire (vie intra-globe). La dernière regroupe ceux qui conçoivent un volume plein mais non gravitationnel (vie en surface). Dans chaque catégorie, le bas et le haut restent des directions absolues (verticalité).

Monde 1-2 (plan ⇒ disque)			Monde 2 (sphérique)			Monde 3 (boule non active)		
clivé	bas abso.	haut/bas	plafond	bas abso.	bas abso.	couronne	bas	radial
entre 2	bas abso.	bas abso.	plafond	bas	bas abso.	+ petite	bas	bas abso.

Figure 11 • Modèles co-présents et réponses caractéristiques

La règle d'interprétation, en l'absence de renseignements supplémentaires est la suivante : c'est l'indice du modèle le plus faible qui l'emporte. Deux « juges » procèdent au dépouillement.

Il convient maintenant que chacun, enseignant comme élève, tire profit du prélèvement et du repérage des dominantes (préoccupation n° 2 de cette initiative).

2. ET EN LES PRENANT RÉELLEMENT EN COMPTE

Il reste assez rare que le prélèvement des conceptions soit sérieusement exploité (conditions 4 à 8 de l'apprentissage allostérique, supra). Or,

cet abandon prive les élèves de bénéfices importants pour avancer (visualisation des divers schémas explicatifs, interactions verbo-conceptuelles, gain en abstraction, etc.) Commencer par rendre compte aux intéressés est fondamental. Cela informe des différences dans la compréhension des phénomènes (explications parfois divergentes mais toujours co-présentes) et spécifie dans la variété possible (typologie notamment réduite à trois grandes représentations). Nous allons montrer comment nous avons procédé en CLIS 1. Nous présenterons ensuite, au vu des obstacles mis au jour, nos premiers outils de remédiation. Ceux-ci achemineront alors vers des niveaux de formulation répondant à un recadrage (ajustement des ambitions à travers la définition d'objectifs conceptuels – et non plus de « purs » concepts).

2.1. Faire retour aux apprenants

Pour informer les élèves, le groupe « impliqué » a construit une fiche type (figure 12). La présentation retenue permet à chaque enseignant de restituer des données (diagnostics) et se veut transposable (biologie ↔ astronomie). Le titre choisi est : « *Au-delà des apparences* ». Il est à chaque fois suivi de deux images (photos) et d'un texte qui problématise l'information (même structure).

Les données en images			
			
Notre corps visible	Notre corps caché	Notre terre vue de l'espace	Notre système solaire

Figure 12 • Fiche « premier retour »

L'énoncé va insister sur la méconnaissance de l'objet étudié (figure 13). Il y a d'un côté ce qu'on entend et apprend, de l'autre ce que l'on comprend (dessins d'accompagnement à déchiffrer).

Les pièges de l'information	
<p>Au premier abord, le corps humain ne semble rien avoir de particulier. On sait, car on nous l'a répété, qu'il est fait d'os, de chair, et de sang. Pour le reste, on regarde des photos, on lit quelques textes et, en prenant un air sérieux, on répète :</p> <p>« Le corps humain comprend trois grandes parties. La tête et le tronc contiennent les organes essentiels de la vie. Les membres servent à manipuler et à se déplacer. »</p> <p></p>	<p>Au premier abord, la Terre n'a rien de vraiment particulier. On sait, car on nous l'a répété, que c'est notre planète, qu'elle est solide et ronde. Pour le reste, on regarde des photos, on lit quelques textes et, en prenant un air sérieux, on répète :</p> <p>« C'est un corps céleste qui tourne autour d'une étoile, le Soleil. Huit autres planètes avec pour la plupart des satellites font la même chose, notre système solaire. »</p> <p></p>
Mais les images et les mots cachent souvent le fait que l'on ne comprend pas !	Mais les images et les mots cachent souvent le fait que l'on ne comprend pas !

Figure 13 • Fiche « remise en cause »

La seconde partie du texte situe l'obstacle. Elle livre ensuite un profil général de la « croyance-classe » (figure 14).



Un complément d'information	
En fait, si tout le monde a déjà vu des images de l'intérieur d'un corps humain, nombreux restent ceux qui, dans leur tête, ne comprennent pas pour autant comment « ça marche ».	Si tout le monde a déjà vu des images d'une Terre ronde, nombreux restent ceux qui, dans leur tête, ne vivent pas pour autant sur une planète en forme de <i>boule</i> .
 <p>Presque tous les élèves de la classe savent que nous devons nous nourrir et que la nourriture va de la bouche aux intestins en passant par l'œsophage et l'estomac. Pourtant, rares sont ceux qui savent dessiner les organes au bon endroit et expliquer ce qui se passe.</p>	 <p>Parmi les élèves de la classe, alors que presque tous dessinent un rond pour représenter la Terre, plus de la moitié se disent que le sol où ils marchent est parfaitement plat. Ils pensent souvent que le ciel est étiré au dessus du sol ou en forme de couvercle arrondi.</p>
Bref, dire des choses justes sur la digestion ne signifie pas savoir vraiment ce que c'est...	Bref, tracer un rond peut dire que la Terre est plate (disque) ou creuse (sphère). Pourtant...

Figure 14 • Fiche « suggestion »

Ces fiches individuelles sont introduites par un ou deux élèves « synthétiseurs » qui les recontextualisent (renvoi aux prélèvements). La plus grande partie est communiquée à l'ensemble du public *via* les représentants lecteurs (quand il y en a). Il faut s'assurer que les contenus sont bien compris et laisser vivre les divers retentissements (mise en débat si possible).

L'enseignant prendra le relais afin de présenter les réponses anonymées des apprenants. Il recourt à des transparents sur rétroprojecteur. En voici quelques exemples (figures 15, 16, 17, 18).

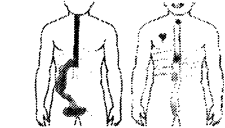
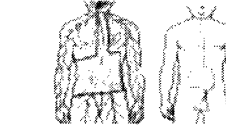
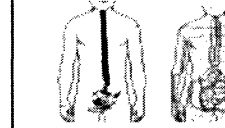
Les organes de la digestion		
		
<i>Souvent des tuyaux</i>	<i>Parfois des estomacs</i>	<i>Rarement des intestins</i>

Figure 15 • Fiche réponses en dessin




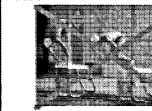
Les associations d'idées			
			
<i>Manger</i>	<i>Croiser les bras à table</i>	<i>Être malade</i>	<i>Ne pas se baigner</i>

Figure 16 • Fiche « réponses verbalisées »

En biologie comme en astronomie, on renvoie seulement ce qui s'est exprimé.

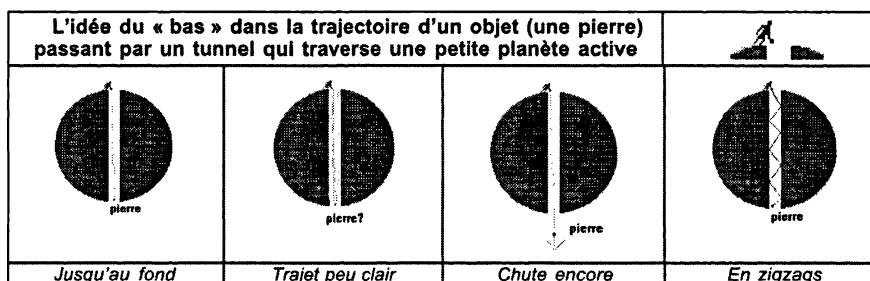


Figure 17 • Fiche retour « un tunnel »

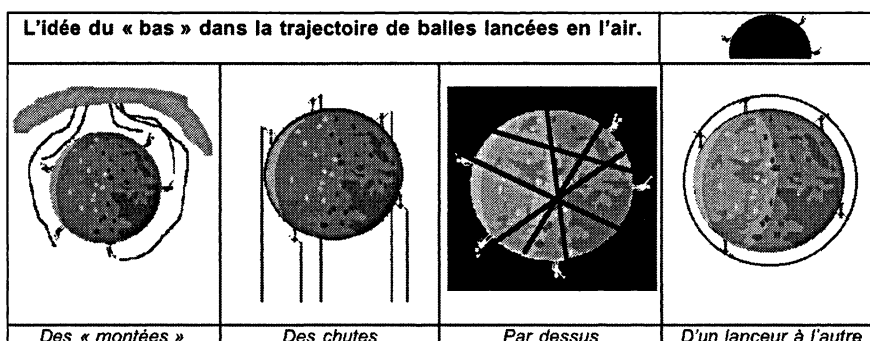


Figure 18 • Fiche retour « trajectoires »

On resserre ensuite dans chaque registre sur les trois conceptions majeures. Pour la digestion, ressortiront les idées de tuyaux avec ou sans poches, plus ou moins longs, et d'aliments qui vont ici ou là, ou partout, et ne sortent généralement nulle part (images génériques à l'appui). Pour le monde, seront introduits les modèles du disque, de la sphère et de la boule, ainsi que les composantes ciel/espace et direction « bas » (également illustrés).

Ce travail est préparatoire aux explications que vont individuellement reformuler les élèves dans les phases de confrontation (conflit socio-cognitif). L'enseignant dessinera pour chaque concept abordé une série identique de supports (silhouette asexuée pour la digestion, cercle central pour la Terre). Il demandera à chaque enfant de redessiner « en grand » et de commenter « pour que chacun comprenne comment il pense les choses ». Des interpellations nombreuses et parfois houleuses auront lieu. Le maître veille essentiellement à ce que tous les avis puissent se faire entendre. Les échanges doivent être perturbés quand la force de conviction prend trop le pas sur la raison. Un ou deux « reformulateurs » seront désignés pour relancer les débats à d'autres moments de la scolarité. Ces retours se font vite boussole pour l'action. Reste encore à « lutter contre » les freins.

2.2. Favoriser quelques franchissements d'obstacles

Au vu de ce que retourne la classe, peu de concepts peuvent être réellement retenus. Ils touchent principalement à la topographie digestive ainsi qu'à la physiologie et à l'activité terrestres (voir l'exemple en infra). De là un éclairage qui se voit limité. D'un côté, on sensibilise à la mastication et à l'excrétion (biologie), de l'autre, on s'attache aux stabilisations de forme et d'espace (astronomie) puis, ultérieurement, de pesanteur.

En biologie, plusieurs séances ont favorisé l'accès aux premiers éléments de réponse. Des observations concrètes (mâcher de la mie de pain, etc.) et quelques expériences chimiques sur des aliments (dégradation/changement) ont incité à prendre conscience de certaines transformations dans la bouche (avec rôle des dents, de la salive, de la langue). La dissection d'un lapin a aidé au repérage des différents organes et a familiarisé avec l'idée de système (pas de coupure entre les deux extrémités). Les contenus respectifs de l'intestin grêle (aliments liquéfiés) et du gros intestin (excréments) ont sensibilisé à la notion de déchets. Il restait encore à bousculer la fermeture des esprits (résistance) manifestée devant l'obligation d'excrétion. Le groupe « impliqué » a alors proposé une progression intitulée « *Pour vous aider à mieux comprendre le rôle de la digestion* ».

Deux faux jumeaux (Bernard et Nathalie) s'occupent d'un cobaye (« Magdo ») qui dévore sans vraiment grossir. La fiche n° 1 (« situation pour tous ») interpelle la surprise des enfants en développant une conception de cumul alimentaire sur une quinzaine de jours (figure 19).



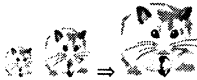
Problématisation avec une hypothèse qui ne tient pas		
		Si « Magdo » ne faisait que « rentrer » dans son corps de la nourriture $150g + 150g + 150g \dots + 150g = 2250g$ 
« Magdo » à son arrivée	15 jours après (+ 80 g)	Mais pas de méga « Magdo »

Figure 19 • Fiche « questionnaire »

Le décalage du résultat « conservation pure » (gain de 2,5 kg) avec la réalité (masse augmentée de 80 g) interroge. Cela conduit à formuler un certain nombre de conjectures (transformation invisible, consommation excessive, etc.) On propose ensuite une expérimentation pour mieux comprendre l'idée « d'entrée-sortie » (figure 20). Il s'agit de mesurer ses propres variations pondérales durant 24 heures en prenant acte d'un apport quantifiable de nourriture.


Pour vous aider à	
	Nous mangeons tous les jours
Une balance	Aujourd'hui, observons et mesurons
Le à 11h30, je pèse avant le repas <input type="text"/>	
J'avale :	
..... ça pèse <input type="text"/>	
..... ça pèse <input type="text"/>	
..... ça pèse <input type="text"/>	
..... ça pèse <input type="text"/>	
..... ça pèse <input type="text"/>	
..... ça pèse <input type="text"/>	
..... ça pèse <input type="text"/>	
En tout ça pèse <input type="text"/>	
Le à 13h30, je pèse après le repas <input type="text"/>	
Le lendemain à 11h30, je pèse avant le repas	
Et pourtant, j'ai encore mangé et bu au dîner hier soir et au petit déjeuner ce matin.	
Date :	Prénom : Classe :

Figure 20 • Fiche d'observations individuelles

l'enseignant) communique au collectif les nombres obtenus (masse initiale, ration alimentaire, et masse post-collation). Un rapport est rapidement identifié : le gain lié au repas.

Une autre colonne complète ensuite les résultats avec le poids relevé environ trois heures plus tard. La différence donne lieu à un débat qui permet la formulation d'un certain nombre d'hypothèses (défaut lié à l'instrument balance, transpiration en récréation, passage aux toilettes, transformation en muscles, etc.) Les derniers relevés (lendemain de l'expérience) donnent naissance à une quatrième colonne. Le retour approché à la masse de la veille surprend les enfants (« *Pourtant Maître, on a mangé hier soir et ce matin !* »). C'est l'occasion d'échanger des idées, de reprendre les hypothèses émises antérieurement, de proposer d'autres activités.

Ce travail sur cobaye humain reviendra, en première étape, à distinguer la nourriture qui entre (consommée), celle qui est utilisée (absorbée), et celle qui est rejetée (excrétée). La dernière va permettre de revenir à la situation initiale (figure 21).

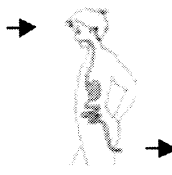
<p>Bernard et Nathalie avaient oublié que l'appareil servant à la digestion a deux L'un correspond à la et l'autre à l'.....</p> <p>Ils auraient du être plus « détectives » pendant le nettoyage de la cage...</p>	
<p>Une explication plus opératoire (idée d'indicateurs)</p>	

Figure 21 • Fiche tremplin

À 11h 30, chacun s'est pesé avant le repas pris en commun dans la salle de classe. Le poids de tous les aliments ingérés (liquide et solide) est ensuite noté (fiche ci-contre). Chaque résultat est ratifié par un partenaire (travail en binôme). Ce déjeuner en commun se termine vers 12h15. À 13h30, un autre relevé de la masse individuelle est effectué (ainsi qu'à 16h15, sur la suggestion d'un élève). Enfin, le lendemain, à 11h30, a lieu une dernière pesée pour chacun.

On procède à une première exploitation des données. Après avoir constaté les variations inter-individuelles de masse (corporelle), les enfants effectuent un calcul (somme pesante des aliments personnellement ingérés). Peu après, un tableau à double entrée (réalisé par

L'action se poursuivra avec une réflexion collective sur la possibilité d'énoncer clairement ce qui a été (re)découvert activement (les contenus devront suivre la diversité des conceptions). Un niveau de formulation est un énoncé devant correspondre à un seuil (dans l'abstraction) que l'on a atteint (figure 22). Il ne doit en aucune façon être confondu avec un niveau linguistique. Il constitue un « objectif conceptuel » (Giordan & de Vecchi, 1989). L'idée visée quant à la digestion mécanique se réduit volontairement ici (spécificité du public) à une trajectoire en entrée-sortie avec premier passage organique obligatoire et double évacuation.

Formulation pour l'obstacle « absence d'excrétion »		
Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
(prévoir un codage par dessins) <i>Une personne va aux toilettes régulièrement. Elle perd ainsi un peu de poids.</i>	<i>Une partie des aliments entrés par la bouche sera rejetée dehors. L'anus et le sexe sont deux sorties visibles.</i>	<i>La partie des aliments non digérés passe dans le gros intestin, avant d'être rejetée à l'extérieur par l'anus (matière solide) et par le sexe (liquide).</i>

Figure 22 • Fiche « structuration »

Des fiches de réinvestissement et de stabilisation (« situation pour soi ») consolideront les acquis. On insiste notamment sur une critique possible des illustrations proposées par les livres (figure 23).

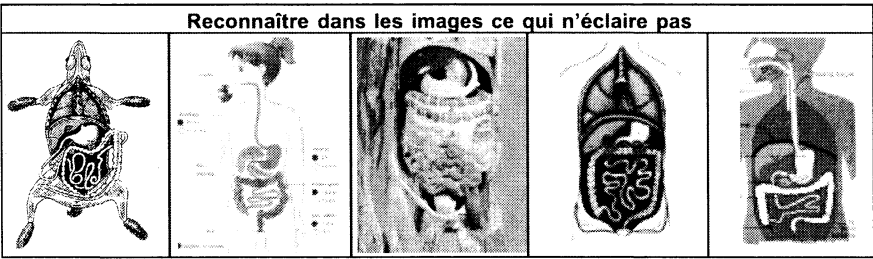


Figure 23 • Fiche « critiques »

Une communauté de fonctionnement (registre animal) est également privilégiée (figure 24).

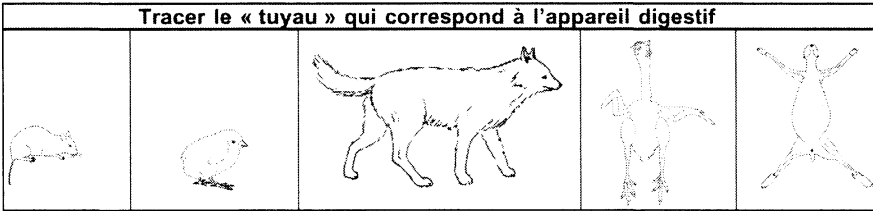


Figure 24 • Fiche « réinvestissements »

L'ensemble, à renfort de confrontations (entre pairs, avec des documents, etc.) et de quelques perturbations (introduites par le maître) conduira progressivement à de nouveaux niveaux de formulation (implication cette fois des « organes-poches », autre objectif conceptuel).

En astronomie, le principe adopté est le même (figure 25). La remédiation se fait parallèlement à des activités plus classiques (elles-mêmes informantes d'obstacles). On compte parmi celles-ci l'observation-relevé (ciel-météo, alternance jour/nuits, phases lunaires, course du Soleil) et des simulations (rondes, mini-planétarium, géorama, célescope). On propose également des constructions (cadran solaire, boussole, etc.), et de petits questionnaires sur séquences vidéo (émissions « Tous sur Orbite », « E = M6 », « Contes de l'univers », etc.). On recourt par ailleurs à la symbolique du ciel comme à l'imaginaire de l'espace (mythologie et constellations, comparatif des lectures d'une civilisation à l'autre, projections modernes). On établit enfin des liens avec le temps humain (noms des jours de l'année, signification d'un mois et d'une année, rites sociaux).




Quelques activités périphériques		
		
Codages météo du jour	Fabrication d'un hélioscope	Simulation au télescope

Figure 25 • Fiche « renforcements »

Les fiches spécifiques pour l'écueil de la rotondité passe par une observation (rapportée) suivie par une simulation (collective). La première exploite un argument ancien (la forme d'un navire au large, figure 26). Elle s'inscrit en continuité avec une étude sur l'apparition de la vie dans l'eau. Le point de départ est un constat de femmes de marins.


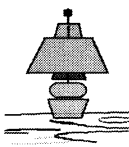



Lorsque les épouses regardent partir le navire				
				
Bateau rentré au port	Bateau sortant du port	Disparition: 1°) coque, 2°) voiles, 3°) mât		

Figure 26 • Fiche « observation rapportée »

On se sert de cette observation (si possible confortée par un film) pour provoquer la réflexion sur la forme de notre planète (à l'appui de la vision différente avec une Terre plate, figure 27).

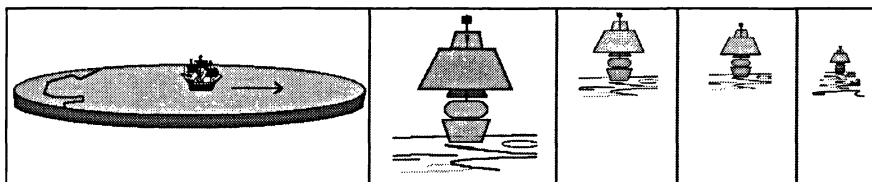


Figure 27 • Fiche « monde plat »

Le décalage (à rendre concret avec carton et modèle réduit) est ensuite lesté d'un vécu-boule (cette fois avec gros ballon de plage, bateau pliage et figurine, figure 28).

Par tâtonnements successifs, les élèves découvrent ce que l'on peut seulement voir du voilier (notion de champ de vision). Sur la fiche récapitulative, on structure cela en dessinant en pointillés ce que les yeux saisissent. On revient autant de fois que nécessaire aux manipulations à plus petite échelle.

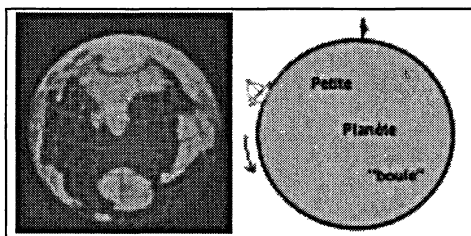


Figure 28 • Fiche récapitulative

Ce que les femmes de marins ont remarqué (disparition morceau par morceau) s'explique donc en ramenant à de plus grandes proportions (on peut jouer un temps sur la taille du ballon). Cette responsabilité de la forme planétaire va se confirmer avec une autre observation (figure 29).

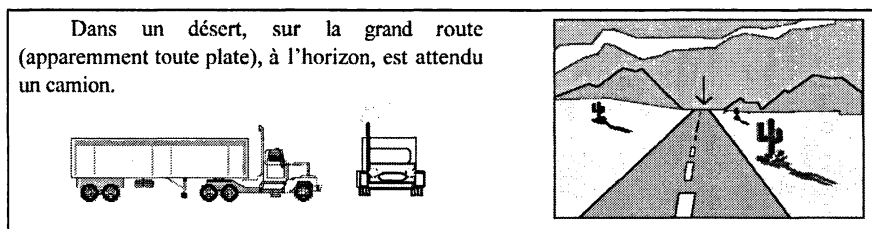


Figure 29 • Fiche anticipation

Il convient (« situation pour soi ») de réfléchir et de dire ce qui se verra chronologiquement (figure 31). Un détour par la situation maquette (plateau, ballon, véhicule en modèle réduit) est autorisé.

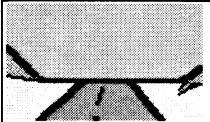
			
En premier	Juste après	En troisième	En quatrième

Figure 30 • Fiche « ordre d'apparition »

On fera ensuite varier la forme des objets (navire et camion) puis on alternera le sens du déplacement (départ-arrivée, disparition-apparition), voire la position du sujet (assis, allongé). On reprendra les deux cas de figure (en synthèse notions-images) pour relancer sur de nouveaux. Le lien avec l'espace peut s'envisager avec la perception d'une étoile ou d'une constellation à différents endroits de l'hémisphère (actuellement à l'étude). Le concept de gravitation doit également donner lieu à une sensibilisation concrète et évolutive (en cours de réalisation).

Là encore, l'action se poursuit avec une réflexion collective sur la possibilité d'énoncer clairement ce qui a été (re)découvert activement (figure 31). Nous distinguons cette fois deux étapes dans notre « objectif conceptuel » (planète boule en mouvement dans un système étoile). On remarquera que ce dernier, contrairement à ce qui se passait avec la digestion, finit par rejoindre les concepts approchés (forme et espace).

Formulation pour l'obstacle « plateau planétaire »	
Niveau 1	Niveau 2
<p>(prévoir un codage par dessins)</p> <p><i>Presque tous les jours, on voit le soleil se lever, se déplacer dans le ciel, redescendre et disparaître en fin de journée.</i></p> <p><i>Notre monde est couvert de montagnes, de plaines, de plateaux et de beaucoup d'eau.</i></p> <p><i>Les étoiles sont visibles la nuit mais pas le jour.</i></p> <p>Référence : vécu quotidien approche du concept de temps, de relief, de mouvement apparent</p>	<p><i>La Terre est ronde, même si on a l'impression qu'elle est plate. C'est une boule et on vit dessus.</i></p> <p><i>Elle fait chaque jour un tour sur elle-même (rotation), même si on a l'impression que la nuit tombe et que le jour se lève.</i></p> <p><i>C'est une planète qui appartient au système solaire ; elle tourne autour du Soleil en un an (révolution), même si on a l'impression que c'est lui qui bouge le jour et les étoiles la nuit.</i></p> <p>Référence : système solaire élargissement du concept d'espace et de forme, intégration de la relativité d'un phénomène</p>
(RUPTURE (vers 10-11 ans)	

Figure 31 • Fiche formulation

Les instruments et démarches étant explicités, voyons quels effets sont mesurables (préoccupation n° 3 de l'initiative).

3. DES RÉSULTATS ENCOURAGEANTS

Cette modification des procédures métamorphose la dynamique de la classe, notamment les attitudes des enfants, plus confiants, davantage

présents. Reste qu'une expérience de cette nature, pour contribuer au changement dans les pratiques, doit aussi convaincre quantitativement. Or, des bénéfices peuvent être ici évalués, et ce au niveau des conceptions interpellées (biologie et astronomie). Il suffit de comparer les résultats obtenus par les deux groupes d'enseignants (expérimental-« impliqué » et témoin-« intéressé »). À cet effet, les productions du public CLIS 1 sont prélevées à deux périodes de l'année (octobre et fin mai, sur mêmes supports : fiches « diagnostic », voir supra 1).

Nous présentons l'évolution chiffrée des profils de classes dans les deux équipes constituées, en commençant par le concept de digestion.

3.1. Des écarts en biologie

Rappelons que les données recueillies ont permis de distinguer trois conceptions majeures (localisation, diffusion, organique). Cette typologie, différente de la classification en classes dites « ordinaires » (présence d'excrétion et chimie à l'œuvre), obtient sur l'année des fréquences qui varient diversement pour chacun des trois items. Nous commençons avec le groupe témoin ou « intéressé », de 41 apprenants (tableaux 1 à 4).

Phénomène d'excrétion

Enseignants	Octobre					Fin mai				
	C.	Sy	Sé	M.-L.	A.	C.	Sy	Sé	M.-L.	A.
Ignorance	100	60	85	67	33	100	30	55	50	40
Moyenne	69					55				

Tableau 1 • Évolution des conceptions « excrétion » en pourcentages

On constate que la méconnaissance tend à diminuer au fil de l'année scolaire (à l'exception de la 1^{re} classe).

Représentation graphique des organes

Enseignants	Octobre						Fin mai					
	C.	Sy	Sé	M.	A.		C.	Sy	Sé	M.	A.	
Bouche	100	80	57	83	100	84	16	50	100	70	90	65
Œsophage	67	60	29	100	67	64	83	80	55	100	75	79
Estomac	0	20	14	33	50	23	33	40	22	42	55	38
Intestin	0	30	0	33	0	13	0	20	33	40	23	23
						Moy						Moy

Tableau 2 • Évolution des conceptions « organes » en pourcentages

En dépit de la grande hétérogénéité des fréquences, on remarque une réduction concernant le premier élément au profit des trois suivants.

Notion de système (octobre puis fin mai)


	Localisation	28,5	14,5	
Répartition classes	Diffusion	20	3,5	
	Organique	21,5	82	

Tableau 3 • Évolution des conceptions « système » en pourcentages

Répartition dans la trajectoire organique (octobre puis fin mai)




		
Tuyau	T. + Poche	T. + P. + Excrétion
14,5	32	5
36	37	9

Tableau 4 • Évolution des conceptions « trajet organique » en pourcentages

Il ressort que la conception de type organique augmente pendant que les deux autres diminuent. Elle se développe tout particulièrement en représentation « tuyau » (plus du double).

Passons cette fois aux résultats obtenus par le groupe expérimental (ou « impliqué », 41 apprenants), en les communiquant selon le même déroulement (tableaux 5 à 8).

Phénomène d'excrétion

	Octobre					Fin mai				
Enseignants	A.	F.	P.	C.	M.	A.	F.	P.	C.	M.
Ignorance	45	60	70	83	50	20	20	30	0	28
Moyenne	66					20				

Tableau 5 • Évolution des conceptions « excrétion » en pourcentages

On constate que la méconnaissance diminue fortement au fil de l'année scolaire dans toutes les classes (particulièrement chez C.).

Représentation graphique des organes

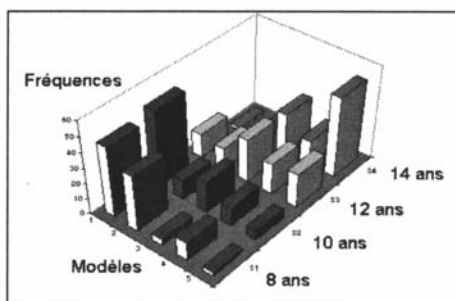
	Octobre						Fin mai						
Enseignants	A.	F.	P.	C.	M.		A.	F.	P.	C.	M.		
Bouche	78	80	50	83	100	78	80	70	80	84	100	83	
Œsophage	67	50	40	100	75	66	100	80	70	100	100	90	
Estomac	23	40	20	100	50	46	60	80	80	100	71	78	
Intestin	0	20	20	0	0	8	60	90	50	100	71	74	
						Moy							Moy

niable. Avec le groupe « impliqué » le phénomène de l'excrétion, lequel a fait l'objet d'un travail de remédiation (tuyau à deux bouts), est intégré par un élève sur deux. Cela retentit favorablement sur l'identification et la compréhension du rôle de trois organes (estomac et intestins).

3.2. Des écarts en astronomie

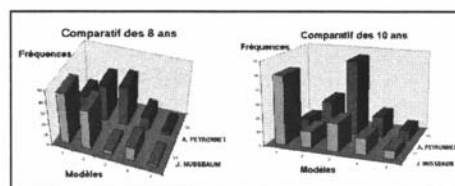
Rappelons que les données recueillies (prélèvements) ont permis de distinguer trois conceptions majeures (plan-disque, sphère clivée, boule non gravitationnelle). Cette typologie, qui est différente de celle identifiée en classes de type ordinaire (graphes 1 et 2), obtient également sur l'année des fréquences qui varient diversement (graphes 3, 4, 5 et 6). Ces premiers résultats autorisent à mieux caractériser le public CLIS 1.

Selon J. Nussbaum (1991), en classe « ordinaire » on trouve cinq modèles (dont deux avec idée de gravité). Ces derniers montrent un déplacement du modèle 1 vers le n° 3 vers 10 ans, lequel se confirme à 12 ans (avec croissance du nombre de représentants en n° 4 et 5). Deux années plus tard, la conception de type « savant » (boule barycentrée) domine.



Graph 1 • La typologie ordinaire selon J. Nussbaum

A. Peyronnet (1993, 1998) confirme la présence des cinq modèles de monde chez les enfants de 8 et 10 ans. Les deux dernières conceptions se retrouvent même à des fréquences comparables (12 % en n° 4 et 3 % en n° 5). En revanche, au vu des résultats, le primat (dominante) se déplace pour les plus jeunes en modèles 2 et 3 puis, pour les autres, en type n° 3.

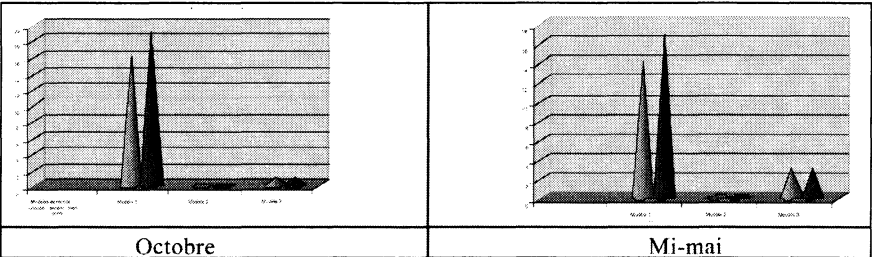


Graph 2 • Le désaccord de A. Peyronnet

Ces études, même avec leurs contrastes, permettent de ratifier des différences. Chez une population de classes d'intégration, on ne retrouve jamais les modèles n°4 et 5 pas plus qu'une dominante en type 3, quelle que soit d'ailleurs la classe d'âge.

Ces distances s'affirment dans le comparatif de notre expérience. Nous commençons, comme précédemment avec le groupe témoin.

Modèles présents pour 2 classes d'âge (en gris clair 8-9-10 ans et en gris foncé 11-12 ans) [groupe témoin]

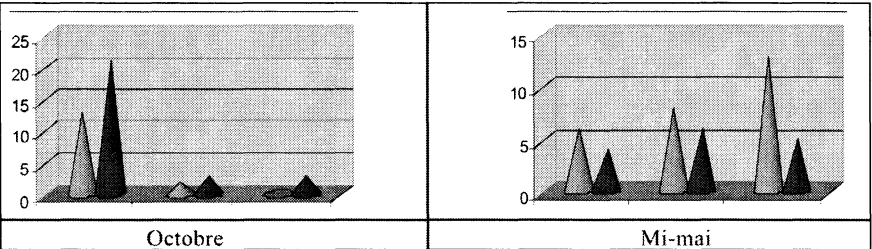


Graphe 3 • Typologie initiale (groupe témoin)

Graphe 4 • Typologie initiale (groupe témoin)

Le modèle 1 version plan-disque est dominant, le suivant inexistant, le troisième peu représenté. Il n'y a guère de changement entre les deux périodes, si ce n'est le glissement de quatre élèves (deux pour chaque classe d'âge) de la conception dite 1-2 vers la n° 3.

Modèles présents pour 2 classes d'âge (en gris clair 8-9-10 ans et en gris foncé 11-12 ans) [groupe expérimental]



Graphe 5 • Typologie initiale (groupe expé.)

Graphe 6 • Typologie initiale (groupe expé.)

Le modèle 1 version plan-disque est d'abord dominant puis cède la place dans les deux classes d'âge au profit des deux suivants. On note que les plus jeunes passent majoritairement en modèle de type 2 et que les plus anciens font de même en conception 3.

Bilan 2

On voit que les profils des groupes sont au départ encore assez similaires. Comme en biologie, les évolutions sur 8 mois montrent une différence significative. Avec le groupe « impliqué » le concept de monde, lequel a fait l'objet d'un travail de remédiation (rotondité), est transformé chez trois élèves

sur quatre (en sphère et boule). Cela retentit sur la nature de l'espace (tout autour et non plus en plafond hémisphérique).

CONCLUSION

Les enfants scolarisés en CLIS 1 ne doivent plus être écartés de la rationalité techno-scientifique. Il est aberrant de leur proposer des connaissances à seulement mémoriser ou des activités sporadiques sur des questions décousues. Être en grande difficulté d'apprentissage ne doit pas confiner dans le concret, en interdisant *a priori* tout accès à l'abstraction. Ce que beaucoup croient déterminé par l'étiologie peut évoluer grâce à une pédagogie du passage. Le modèle allostérique de l'apprendre peut aider à aller dans ce sens. Il modifie la posture enseignante en insistant sur l'importance d'un environnement stimulant pour l'élève.

L'expérience conduite dans le Puy-de-Dôme, « *Faire aussi des sciences en CLIS* », s'inspire de cette approche volontairement pragmatique. Elle obéit à cinq préoccupations majeures : rencontrer l'univers des têtes (pensées enfantines), caractériser les conceptions de ce public, définir des objectifs conceptuels adaptés, accompagner l'appropriation de nouvelles connaissances, évaluer l'action. Elle rappelle qu'il faut d'abord répondre aux interrogations des apprenants pour les voir produire des significations plus efficaces. Elle montre qu'après un certain nombre d'ajustements et l'élaboration d'un matériel adapté, un public « non ordinaire » (scolarisé en structure spécialisée) réussit aussi à faire évoluer ses représentations. Les résultats obtenus dans l'approche des concepts de digestion et de monde en témoignent (évolution des niveaux de formulation). Ils traduisent une avancée en décentration et compréhension (recul significatif des obstacles « tuyau fermé » et « Terre-plate »).

Cette faisabilité devrait encourager à plus d'actions et à davantage d'interrogations. Ainsi, on doit encore se demander comment aménager des passerelles différenciées vers les autres dimensions de la mécanique digestive (fragmentation, péristaltisme, etc.) Cela réclame là encore de faire preuve d'inventivité et de bien cibler les attentes. Il faut également examiner parmi les autres concepts en biologie et en astronomie lesquels sont susceptibles d'accrocher ce public. On pense notamment à ceux d'évolution humaine, de reproduction, de circulation sanguine puis à ceux de gravitation, d'univers, d'espace temps. On est enfin tenu de se préoccuper des ouvertures possibles avec d'autres disciplines scientifiques. Ici une initiative interpellant la chimie est déjà engagée par notre équipe, les premiers résultats sont plus qu'encourageants (programme parallèle « chimie contre magie », Martinet & Tressol, 2003).

Peut-être est-il temps de se rappeler que pédagogie et didactique ne prennent tout leur sens que dans la résistance du public auquel on imagine trop souvent s'être adapté.

« L'Indéterminé, le toujours ouvert commandent de refuser les définitions et les dualismes simplificateurs, le normal et l'anormal, le doué et le "nul"... Toute catégorisation fait écran à l'enfant réel, interdisant le processus de personnalisation. »

M. DEVELAY, C. GARDOU (2001, p. 22)

BIBLIOGRAPHIE

- ALMANY C. & SARRATE J. (1986). Un taller de astronomia. *Cuardenos de Pedagogia*, n° 136, pp. 11-14.
- BAXTER J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, n° 11, pp. 502-513.
- BULLETIN OFFICIEL, ADAPTATION ET INTÉGRATION SCOLAIRES (2002). *Les dispositifs de l'adaptation et de l'intégration scolaires dans le 1^{er} degré*, n° 19 du 09-05-2002. Paris, ministère de l'Éducation nationale.
- CLÉMENT P. (1991). Sur la persistance d'une conception : la tuyauterie continue digestion-excrétion. *Aster*, n° 13, pp. 133-155.
- DEVELAY M. & GARDOU C. (2001). Ce que les situations de handicap, l'adaptation et l'intégration scolaires "disent" aux sciences de l'éducation. *Revue française de Pédagogie*, n° 134, pp. 15-24.
- DUMAS J.E. (2003). *Psychopathologie de l'enfant et de l'adolescent*. Bruxelles, De Boeck.
- ESTALELLA R. (1986). *El mundo de las estrellas*. Barcelona, Onda, La Mirilla.
- GARDOU C. (1999a). *Connaître le handicap, reconnaître la personne*. Toulouse, Éditions Érès.
- GARDOU C. (1999b). Quelle intégration pour le troisième millénaire. *Psychologie & Éducation*, n° 38, pp. 29-38.
- GIORDAN A. (1995). *Comme un poisson rouge dans l'homme*. Paris, Payot.
- GIORDAN A. (1998). *Apprendre*. Paris, Belin.
- GIORDAN A. & De VECCHI G. (1989). *L'enseignement scientifique : comment faire pour que ça marche ?* Toulouse, Z'édicions.
- GIORDAN A. & De VECCHI G. (1987). *Les origines du savoir*. Paris, Delachaux et Niestlé.
- GUYÉNOT É. (1941). *Les Sciences de la vie aux XVII^e et XVIII^e siècles*. Paris, Albin Michel.
- MARTINET P. & TRESSOL J.-F. (2003). Chimie contre magie : une entrée pour construire la pensée. Expérimentation et construction des concepts. Les sciences de l'école primaire à l'université. *Résumé des communications au Colloque international sur l'enseignement des sciences*, n° 26, p. 54.
- NUSSBAUM J. (1990, 1991). La perception par les élèves des concepts astronomiques. *Les Cahiers Clairaut*, n° 52 à 55.
- PEYRONNET A. (1993). *Raison, Science, Éducation, l'impératif d'une mutation*. Thèse de doctorat, université Lumière-Lyon 2.
- PEYRONNET A. (1998). *Les conceptions des apprenants en astronomie au cycle 3*. Non publié.
- ROLANDO J.-M. (1995). *Des méthodes pour l'astronomie*. Annecy, CDDP de Haute-Savoie.

ROLLAND A. & MARZIN P. (1996). Étude des critères du concept de vie et identification d'obstacles épistémologiques chez des élèves de sixième. *Didaskalia*, n° 9, pp. 57-82.

SAUVAGEOT-SKIBINE M. (1991). La digestion au collège : transformation physique ou chimique ? *Aster*, n° 13, pp. 93-100.

VOSNIADOU S. & BREWER W.F. (1992). Mental models of the earth : A study of conceptual change in childhood. *Cognitive psychology*, n° 24, pp. 535-585.

Cet article a été reçu le 7/01/2003 et accepté le 12/02/20004.